

ФАКТОРНАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ГАРМОНИЧЕСКОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОЧИСТКЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

РУДИК Феликс Яковлевич, Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И. Вавилова

МОРГУНОВА Наталья Львовна, Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И. Вавилова

СУНДУКОВ Евгений Александрович, Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И. Вавилова

При переработке масличных культур необходимы технологии, позволяющие получать ценные растительные масла способом прессования с продолжительным сроком хранения. В работе теоретически обоснованы конструктивные параметры направленной ультразвуковой и механической колебательной системы для очистки фильтрационной поверхности установки от накопленных твердых частиц в масле.

100

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Введение. Гармонические акустические и механические колебания активируют при технологическом воздействии на сельскохозяйственную продукцию явления массопередачи и способствуют изменению их агрегатного состояния. Повышается эффективность и сокращаются сроки диспергирования, эмульгации, кристаллизации и растворения веществ. Сорбционные процессы широко используются во всех сферах производства, в том числе и в перерабатывающей отрасли, являющейся одним из ответственнейших звеньев в непрерывном потоке АПК [3, 5]. В рассматриваемом случае гидропероксиды, входящие в состав нерафинированных растительных масел и являющиеся очагом зарождения свободной радикальной реакции, ведут к окислению масла и его порче. Их удаление осуществляется методом адсорбции, путем поглощения гидроперекисей из масла твердыми адсорбентами, эффективность которых зависит от удельной поверхности и пористости сорбента [4]. Однако сам по себе процесс адсорбции, протекающий под действием сил Ван-дер-Ваальса и заключающийся в концентрации паров поглащаемого вещества, замедлен. С целью интенсификации обработки использованы ультразвуковые акустические микротечения. В процессе работы установки на фильтрационной поверхности оседают твердые частички с течением времени перекрывающие доступ масла в адсорбент. Пропускная способность и пригодительность установки резко снижаются, а проведение десорбции не дает ощутимых результатов.

Цель исследований – теоретически обосновать конструктивные параметры направленной ультразвуковой и механической колебательной системы для очистки фильтрационной поверхности от накопленных твердых частиц.

Методика исследований. При проведении аналитических исследований за основу была принята классическая теория механических колебательных движений на среду и фильтрационную поверхность для ее очистки от частиц дисперсной фазы. Адсорбционный процесс, протекающий при интенсивной ультразвуковой очистке, сопровождается седиментацией твердых частиц дисперсной фазы под действием гравитации

с последующим их накоплением на фильтрационной поверхности, коагуляцией и конденсацией [1, 2].

Для разрушения седиментационной устойчивости укрупненных частиц теоретически исследовалось дополнительное вибрационное воздействие на мембрану катриджда с целью создания условий для срыва и подъема частиц дисперсной фазы с последующим их выносом акустическими микротоками.

Результаты исследований. Известно, что закономерность распределения колебательных движений в среде характеризуется переменной координатой $x = x(t)$, изменение которой во времени описывается выражением

$$x = A \sin \omega t; x = A \cos \omega t, \quad (1)$$

где A – амплитуда колебаний, характеризующая модуль наибольшего смещения колеблющейся величины от положения равновесия, мм; w – цикловая частота колебаний, $\omega = \frac{2\pi}{t}$, рад/с; t – текущее время.

При анализе гармонических колебательных движений особую значимость приобретает исследование колеблющейся величины, все параметры которой зависят от амплитуды, в нашем случае обеспечивающей максимальное смещение материальной точки осадка от фильтрационной поверхности с целью его последующего перемещения в отстойник.

Отрыв загрязнений от фильтрационной поверхности может быть осуществлен только принудительно за счет введения дополнительных продольных колебательных движений. В данном случае на первом этапе наиболее предпочтительны механические гармонические колебания, призванные отрывать и приподнимать путем всплытия загрязнения от поверхности адсорбента. В физическом смысле отрыв загрязнения, в теоретическом понятии, обозначается как колеблющаяся величина S , изменяющаяся со временем по закону косинуса или синуса:

$$S(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (2)$$

$$S(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где A – амплитуда вынужденных колебаний, характеризующая модуль наибольшего смещения частицы загрязнения от положения равновесия, мм; ω_0 – угло-

12
2020



вая частота колебательных движений, кГц; φ_0 – начальная фаза колебаний, фазовый смысл этой величины заключается в том, что она определяет величину смещения тела в любой момент времени.

Амплитуда вынужденных колебаний зависит от амплитуды вынуждающей силы и ее частоты, эта зависимость приводит к тому, что при определенной частоте амплитуда достигает своего максимального резонансного значения, ведущего к отрыву и всплытию частиц загрязнения

$$A = \frac{F_0 \bar{m}}{\sqrt{(\omega_0 - \omega)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}, \quad (3)$$

где F_0 – амплитуда вынуждающей силы, м; \bar{m} – масса колеблющейся системы, кг; ω_0 – угловая частота колебательных движений, кГц; ω – циклическая частота внешней среды, кГц; β – коэффициент затухания.

Таким образом, из выражения (3) следует, что амплитуда вынужденных колебаний является основой для проектирования механической колебательной системы. Амплитуда колебательных движений, распространяясь в жидкой среде и воспринимая ее сопротивление продвижению, затухает. Вследствие этого сокращается эффективность процесса, описываемая константой затухания:

$$\beta = \frac{r}{2m}. \quad (4)$$

Следовательно, максимальная величина амплитуды уменьшается по закономерности, обусловленной логарифмическим декрементом затухания от времени продвижения

$$A(t) = Ae^{-\beta(t+\tau)}, \quad (5)$$

где $(t + \tau)$ – приращение времени продвижения колебательных движений.

В свою очередь, частота механических колебательных движений, характеризующая число полных колебаний колеблющейся системы за единицу времени, зависит от значений собственной частоты вырабатываемой колебательной системы и имеет следующий вид:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{\omega}} \quad (6)$$

где k – коэффициент сопротивления среды, меняется также до состояния циклической частоты:

$$\omega = \sqrt{\omega^2 - \beta^2}. \quad (7)$$

Подвергая анализу все остальные параметры гармонических колебаний, можно сделать вывод, что амплитуды и частоты колебательных движений, характеризующие координаты колеблющегося тела и фиксирующие нахождение частиц загрязнения при всплытии от адсорбционной поверхности в разные периоды времени:

$$x(t) = A_n \sin(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (8)$$

Скорость движения и всплытия частиц загрязнения определяется выражением:

$$V(t) = \frac{dx}{dt} = A_n \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (9)$$

При этом максимальная скорость будет при соблюдении условия

$$\cos(\omega_0 t + \varphi_0) = 1.$$

А ускорение продвижения частицы:

$$a = \frac{dV(t)}{dt} = A_n \omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (10)$$

при этом максимальное ускорение будет при соблюдении условия

$$\sin(\omega_0 t + \varphi_0) = -1.$$

Общая безразмерная величина, характеризующая эффективность колебательной системы и обуславливающая добротность системы, то есть диссипацию ее энергии во времени, также полностью зависит от анализа всех составляющих:

от угловой частоты колебательных движений:

$$Q = \frac{\pi}{\beta T} \approx \frac{\pi \omega_0}{\beta 2\pi} = \frac{\omega_0}{2\beta}, \quad (11)$$

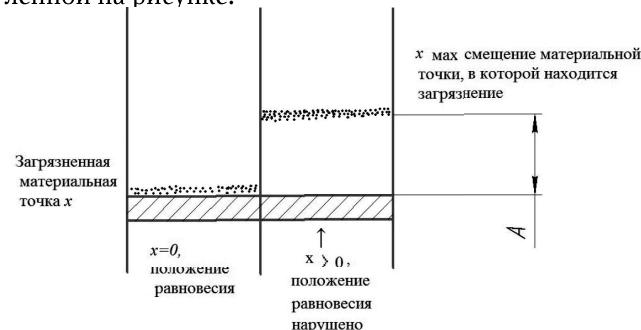
где T – период колебаний, характеризующий промежуток времени через который движение частицы полностью меняется, $T = 1/\omega$,

от амплитуды колебательных движений:

$$Q = 2\pi \frac{A^2(t)}{A^2(t) + A^2(t + \tau)}. \quad (12)$$

Заключение. Таким образом, для обеспечения отрыва от фильтрационной поверхности частиц загрязнения и их всплытия с целью дальнейшего перемещения в отстойник, необходимо осуществить теоретический анализ ранее не исследованной кинетики указанного процесса.

Элементы гидромеханики жидкости описываются уравнением неразрывности Пуазейля и Бернуlli. Исходя из них можно утверждать, что в соответствии со свойствами жидкости при воздействии на нее колебательных движений возникают деформации в множестве слоев, перемещающихся один над другим. Эти смещения и являются движущей силой для съема и всплытия загрязнений над фильтрующей поверхностью, создавая при этом условия для их зависания в плоскости x с последующим перемещением ультразвуковыми микротечениями по наклонной фильтрационной поверхности в отстойник. Физически эта кинетика процесса иллюстрируется схемой, представленной на рисунке.



Нарушение положения равновесия материальной точки колебательными движениями

Физически природа затухающих колебательных движений едина и их интенсивность зависит, прежде всего, от параметров колебательной системы и среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия. 1972. – 504 с.
2. Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1979. – 340 с.



3. Глинка Н.Л. Общая химия. 24-е изд. – Л.: Химия, 1985. – 702 с.

4. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1984. – 310 с.

5. Очистка и регенерация нерафинированных растительных масел / Ф.Я. Рудик [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 113–126.

Рудик Феликс Яковлевич, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технологии продуктов питания», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Моргунова Наталья Львовна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры «Технологии продуктов питания», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Сундуков Евгений Александрович, магистрант, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410005, г. Саратов, ул. Соколовая, 335.
Тел.: (8452) 69-25-32.

Ключевые слова: ультразвук; масло; адсорбция; очистка; массопередача.

FACTOR RELATIONSHIP OF THE PARAMETERS OF THE HARMONIC OSCILLATORY SYSTEM WHEN CLEANING THE FILTRATION SURFACE OF THE PLANT FOR VEGETABLE OIL REGENERATION

Rudik Phelix Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Food Technology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Morgunova Natalya Lvovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Food Technology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Sundukov Evgeniy Aleksandrovich, Magistrandt, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: ultrasound; oil; adsorption; cleaning; mass transfer.

When processing oilseeds, technologies are needed to obtain valuable vegetable oils by pressing with a long shelf life. Existing technologies for cleaning vegetable oils in small enterprises do not allow cleaning the oil from all undesirable substances and therefore the oils have a short shelf life, quickly oxidize and lose their presentation. The article theoretically substantiates the design parameters of a directional ultrasonic and mechanical oscillatory system for cleaning the filtration surface of the installation from accumulated solid particles in the oil.

DOI 10.28983/asj.y2020i12pp102-104

УДК 621.4:303.447.3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

САВЕЛЬЕВ Анатолий Петрович, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

ШКРАБАК Владимир Степанович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Представлена методика определения экстремальных значений функциональных параметров двигателей при эксплуатационных исследованиях машинно-тракторных агрегатов путем интегрирования функции двух переменных.

Введение. Функциональные параметры двигателей при работе машинно-тракторных агрегатов в условиях реальной эксплуатации заметно отличаются от таковых при статистических стендовых испытаниях. Для повышения достоверности диагностирования двигателей по функциональным параметрам приходится прибегать к диагностированию в динамических режимах [1–4].

Максимальная информативность при диагностировании достигается в режиме максимальной эффективной мощности, расхода топлива или удельного расхода топлива. Экстремальные значения эффективной мощности, частоты вращения вала двигателя также необходимы для определения максимальной производительности машинно-тракторных агрегатов. Экстремальные значения функциональных параметров двигателей при неуставновившейся нагрузке теоретически определяются с использованием методов функционального преобразования случайных величин и теории механических цепей [1].

Для экспериментального подтверждения теоретических предпосылок исследования проводятся

в области максимальной эффективной мощности. Провести исследования в области экстремальных значений невозможно как при стендовых, так и при эксплуатационных испытаниях. В этом случае измерения проводятся как минимум в трех точках в области экстремума, а сам экстремум определяется расчетным путем.

Методика исследований: интерполирование функции двух переменных, регрессионного анализа.

Результаты исследований. При рассмотрении зависимости функциональных параметров двигателей при работе машинно-тракторных агрегатов в функции коэффициента вариации внешней нагрузки (v_m) получим зависимость второго порядка. Как уже было нами отмечено экспериментальные исследования проводятся в области экстремума функционального параметра, при этом изменяется уровень загрузки двигателя λ_m . В этом случае зависимость математического ожидания функционального параметра от λ_m и v_m будет представлять поверхность. С достаточной тонкостью приближения можно сказать, что значение

